



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 197 27 471 C 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 05 K 13/08  
G 01 J 1/20  
G 06 K 9/60

21 Aktenzeichen: 197 27 471.4-34  
22 Anmeldetag: 27. 6. 97  
43 Offenlegungstag: –  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 17. 12. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

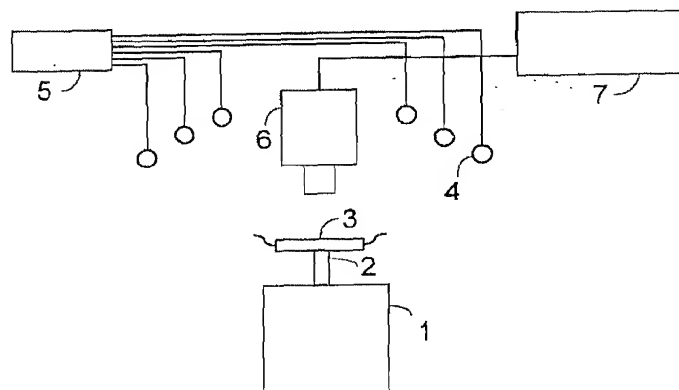
72 Erfinder:  
Wittmann, Günther, Dipl.-Ing., 80796 München, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

US 54 54 049 A  
WO 96 21 343 A1  
JP 62-2 99 948 A  
JP 08-1 52 311 A

54 Verfahren zur automatischen Intensitätseinstellung einer Beleuchtung für Einrichtungen zur Lageerkennung und/oder Qualitätskontrolle bei der automatischen Bestückung von Bauelementen

57 Bei Lageerkennungseinrichtungen mit mehreren Lichtquellen (4) muß die Beleuchtung vor dem Bestücken bauelementspezifisch von Hand eingestellt werden, damit eine einer Kamera (6) nachgeschaltete Bildauswerteeinheit (7) die Fehllage von Bauelementen (3) während des Bestückvorgangs erkennen und eine entsprechende Korrektur veranlassen kann. Diese Intensitätseinstellung ist häufig schwierig und nicht reproduzierbar. Durch eine sukzessive Intensitätsvariation der einzelnen Lichtquellen (4) und Aufzeichnung der dadurch resultierenden Grauwertvariation bei Nutz- und Störstrukturen eines Bauelements (3) werden Koeffizienten bestimmt, aus denen mittels linearer Optimierung die optimale Beleuchtung bestimmt wird. Bestückautomaten.



DE 197 27 471 C 1

DE 197 27 471 C 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur automatischen Intensitätseinstellung der Beleuchtung bei Einrichtungen zur Lageerkennung und/oder Qualitätskontrolle für die automatische Bestückung von Bauelementen nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Bei der automatischen Bestückung von Leiterplatten oder Keramiksubstraten mit Bauelementen, insbesondere SMD-Bauelementen, wird vor dem Bestücken die Lage der Bauelemente relativ zur Aufsetzposition auf der Leiterplatte mittels Einrichtungen zur Lageerkennung bestimmt. Unter dem Begriff Bauelemente werden im folgenden alle bestückfähigen Gegenstände erfaßt, beispielsweise auch Abschirmbleche. Als Lageerkennungseinrichtungen werden im allgemeinen Visionsysteme eingesetzt, die eine Kamera, beispielsweise eine CCD-Kamera, und eine Beleuchtungseinrichtung umfassen. Eine visuelle Inspektion der Bauelemente erfolgt in analog aufgebauten Einrichtungen zur Qualitätskontrolle. Die Beleuchtung ist dabei so zu wählen, daß Nutzstrukturen (im allgemeinen die Anschlüsse der Bauelemente) sehr kontrastreich dargestellt werden, während Störstrukturen (beispielsweise der Körper der Bauelemente) unterdrückt werden.

Für diesen Zweck sind Verfahren bekannt, bei denen mit Hilfe von Beleuchtungseinrichtungen, die in mehrere Lichtquellen mit jeweils separat regelbarer Intensitätssteuerung unterteilt sind, die Bauelemente aus unterschiedlichen Winkeln mit unterschiedlichen Intensitäten beleuchtet werden.

Aus JP 8-152311 (A) ist beispielsweise die Beleuchtung von Lötverbindungen aus unterschiedlichen Richtungen bekannt, um die Qualität der Lötverbindungen zu untersuchen. Die bei den einzelnen Beleuchtungen ermittelten Grauwerte werden in einer Bildauswerteeinheit aufsummiert. Es ist allerdings kein Hinweis entnehmbar, wie eine solche Beleuchtung automatisch einstellbar zu realisieren ist.

Aus WO 96/21343 ist beispielsweise ein Verfahren bekannt, bei dem mit Hilfe einer segmentierten Ringbeleuchtung die Bauelemente nicht aus allen Winkeln gleichmäßig beleuchtet werden, sondern aus bestimmten Winkeln kein Licht auf die Struktur fällt. Damit werden Abbildungen von unter diesen bestimmten Winkeln besonders auffällig hervortretenden Störstrukturen unterdrückt.

Nachteilig bei den bekannten Verfahren mit mehreren Lichtquellen ist die Tatsache, daß für jedes neue Bauelement zunächst durch einen Bediener eine optimale Beleuchtung für dieses Bauelement manuell eingestellt werden muß. Dazu sind die Intensitäten der einzelnen Lichtquellen durch den Bediener zu regeln, bis er durch eine visuelle Kontrolle eine für die Lageerkennung oder Qualitätskontrolle ausreichende Beleuchtung erzielt hat. Die Intensitätseinstellung wird dabei bedienerspezifisch und nicht reproduzierbar sein, wie es für eine Bestückung mit hohen Stückzahlen erforderlich wäre.

Aus US 54 54 049 ist ein Verfahren zur automatischen Beleuchtungseinstellung für eine Lichtquelle bekannt, bei dem mit einer Kamera aufgenommenen und in einer Bildauswerteeinheit gespeicherte Grauwerte dahingehend durch eine Intensitätssteneereinrichtung verändert werden, daß der vorhandene Grauwertbereich der Bildauswerteeinheit möglichst gut ausgenutzt wird. Für die Beleuchtung mit mehreren Lichtquellen ist dieses Verfahren nicht geeignet, da der Einfluß der Intensitäten der einzelnen Lichtquellen nicht berücksichtigt wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein reproduzierbares, automatisches Verfahren zu entwickeln, mit dem die Intensitätseinstellung der Beleuchtung bei einer mindestens zwei Lichtquellen umfassenden Beleuchtungseinrichtung für die Lageerkennung und Qualitätskontrolle beim Bestücken von Bauelementen gewährleistet ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst.

Gegenüber den bekannten Verfahren weist das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil auf, eine automatische Beleuchtungseinstellung zu erzielen, die bedienunabhängig und automatisiert, das heißt ohne aufwendige, zeitintensive Versuche abläuft und damit eine einwandfreie Beleuchtung eines Bauelementes in den Einrichtungen zur Lageerkennung und/oder Qualitätskontrolle eines Bestückautomaten sicherstellt.

Anhand eines Ausführungsbeispiels und der einzigen Figur wird die Erfindung näher erläutert.

Dabei zeigt die Figur einen schematischen Querschnitt durch die Einrichtung zur Lageerkennung und/oder Qualitätskontrolle in einem Bestückautomaten.

In einem Bestückautomaten zur Bestückung einer Leiterplatte werden die von einer an einem Bestückkopf 1 befestigten Saugpipette 2 aus Vorratsbehältern aufgenommenen Bauelemente 3 in eine Lageerkennungseinrichtung auf ihre relative Lage an der Saugpipette 2 untersucht, indem die Bauelemente 3 durch eine Beleuchtungseinrichtung aus mehreren Lichtquellen 4 beleuchtet werden. Die Intensität jeder Lichtquelle 4 läßt sich separat durch eine zugeordnete Intensitätssteneereinrichtung 5 regeln. Das entstehende Bild des Bauelementes wird durch eine Kamera 6 und eine der Kamera 6 nachgeschaltete Bildauswerteeinheit 7 aufgenommen und abgespeichert. Im allgemeinen wird mit CCD-Kameras gearbeitet, deren kleinste Auflösung Pixel genannt wird. Jedem Pixel ist ein Grauwert zugeordnet, wobei ein höherer Grauwert einer größeren Helligkeit entspricht. Bei der Verwendung von Farbkameras werden Werte abgespeichert, die der detektierten Farbe entsprechen. Diese Werte werden im weiteren ebenfalls mit dem Begriff Grauwert bezeichnet, da sich das erfindungsgemäße Verfahren in gleicher Weise auch für Farbkameras eignet. Durch Vergleich der aufgenommenen Lage der Anschlüsse bzw. der Nutzstrukturen der Bauelemente 3 mit abgespeicherten Vergleichsmustern ist die Bildauswerteeinheit 7 in der Lage, die aktuelle Position des Bauelementes 3 an der Saugpipette 2 zu erkennen, eine Korrektur auszurechnen und die Korrektur an eine zentrale Steuereinheit des Bestückautomaten weiterzuleiten, damit anschließend die Position der Saugpipette 2 oder der Leiterplatte so variiert wird, daß das Bauelement 3 richtig positioniert auf die Leiterplatte aufgesetzt wird.

Zum Bestimmen einer eindeutigen Relation zwischen Vergleichsmustern und aufgenommenen Bild des Bauelementes 3 sind kontrastreich abgebildete Nutzstrukturen (beispielsweise Anschlüsse) bei gleichzeitiger Unterdrückung von Störstrukturen (beispielsweise der Körper des Bauelementes 3) erforderlich, was durch die Intensitätseinstellung der Beleuchtung erzielt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren erreicht eine optimale, automatische Beleuchtungseinstellung in der Einrichtung zur Lageerkennung und/oder Qualitätskontrolle dadurch, daß zunächst anhand eines Exemplars der zu bestückenden Bauele-

mente **3** eine Zuordnung der Pixel der Kamera **6** zu Nutz- und Störstrukturen des Bauelementes **3** erfolgt. Die Zuordnung erfolgt dabei beispielsweise durch eine theoretische Beschreibung der geometrischen Struktur des Bauelementes **3**, die in die Bildauswerteeinheit **7** eingespeichert wird. Eine weitere Möglichkeit ist die Darstellung des aufgenommenen Bildes des Bauelementes **3** auf einem an die Bildauswerteeinheit **7** angeschlossenen Bildschirm (nicht dargestellt), auf dem ein Bediener visuell Nutz- und Störstrukturen identifizieren kann. Die Zuordnung erfolgt dann manuell durch den Bediener, in dem er die jeweils zugeordneten Bereiche auf dem Bildschirm kennzeichnet, die dann in der Bildauswerteeinheit **7** eingespeichert werden. Diese Möglichkeit bietet den Vorteil, daß eine zum Verfahren zugehörige manuelle Justage des Bauelementes **3** in der Lageerkennungseinrichtung im Verlauf der visuellen Identifikation von Stör- und Nutzstrukturen erfolgen kann. 5

Eine Beschleunigung des Verfahrens läßt sich erreichen, in dem die Auflösung durch Zusammenfassen von mehreren Pixeln zu sogenannten Moxeln reduziert wird. Den Moxeln wird dabei durch Mittelung der den Pixeln zugeordneten Grauwerte ein gemittelter Grauwert zugeordnet. 10

Für das weitere Verfahren werden im folgenden ermittelt:

- a) der maximale Grauwert  $N_{\max}$  der Nutzstrukturen,
- b) der Mittelwert  $N$  der Grauwerte der Nutzstrukturen,
- c) der minimale Grauwert  $N_{\min}$  der Nutzstrukturen,
- d) der maximale Grauwert  $S_{\max}$  der Störstrukturen,
- e) der Mittelwert  $S$  der Grauwerte der Störstrukturen.

Bei Beleuchtung mit einer Anzahl  $i$  Lichtquellen **4** mit jeweiliger Intensität  $x_i$  ergeben sich die Grauwerte als Summe aus Grauwertanteilen, die bei Beleuchtung mit nur einer Lichtquelle **4** ermittelt werden. Unter der Annahme, daß Sättigungseffekte in der Kamera vernachlässigt werden können, ergeben sich lineare Abhängigkeiten zwischen den Intensitäten  $x_i$  der einzelnen Lichtquellen **4** und den Grauwertanteilen, die durch entsprechende Koeffizienten  $a_{n,\max,i}$  für maximale Grauwertanteile der Nutzstrukturen,  $a_{n,i}$  für Mittelwerte der Grauwertanteile der Nutzstrukturen,  $a_{n,\min,i}$  für minimale Grauwertanteile der Nutzstrukturen,  $a_{s,\max,i}$  für maximale Grauwertanteile der Störstrukturen und  $a_{s,i}$  für Mittelwerte der Grauwertanteile der Störstrukturen ausgedrückt werden können. 20 25

Die unter a) bis e) angegebenen Grauwerte ergeben sich damit zu als Linearkombination der Koeffizienten und der zugehörigen Intensitäten  $x_i$ : 30

$$N_{\max} = \sum_i (a_{n,\max,i} \cdot x_i) \quad (1)$$

$$N = \sum_i (a_{n,i} \cdot x_i) \quad (2)$$

$$N_{\min} = \sum_i (a_{n,\min,i} \cdot x_i) \quad (3)$$

$$S_{\max} = \sum_i (a_{s,\max,i} \cdot x_i) \quad (4)$$

$$S = \sum_i (a_{s,i} \cdot x_i) \quad (5)$$

Werden die Koeffizienten  $a_{n,\max,i}$ ,  $a_{n,i}$ ,  $a_{n,\min,i}$ ,  $a_{s,\max,i}$  und  $a_{s,i}$  in Zeilenvektoren  $\Lambda_{n,\max}$ ,  $\Lambda_n$ ,  $\Lambda_{n,\min}$ ,  $\Lambda_{s,\max}$  und  $\Lambda_s$  mit jeweils  $i$  Spalten zusammengefaßt und die Intensitäten  $x_i$  in einen Spaltenvektor  $X$  mit  $i$  Zeilen, so lassen sich die Gl. (1) bis (5) auch als Skalarprodukt von Vektoren schreiben: 35 40 45

$$N_{\max} = \Lambda_{n,\max} \cdot X \quad (6)$$

$$N = \Lambda_n \cdot X \quad (7)$$

$$N_{\min} = \Lambda_{n,\min} \cdot X \quad (8)$$

$$S_{\max} = \Lambda_{s,\max} \cdot X \quad (9)$$

$$S = \Lambda_s \cdot X \quad (10)$$

Für die Bestimmung der Koeffizienten werden zunächst die Intensitäten  $x_i$  aller Lichtquellen **4** auf einen vorherbestimmten Wert geregelt, zum Beispiel gleich Null und anschließend werden nacheinander die Intensitäten  $x_i$  der einzelnen Lichtquellen variiert und wieder auf den vorherbestimmten Wert geregelt. Dabei nimmt die Kamera **6** das Bild des Bauelementes **3** auf und durch die vorherige Zuordnung von Pixeln (bzw. Moxeln) zu Stör- und Nutzstrukturen werden zu den eingestellten Intensitäten  $x_i$  der jeweiligen Lichtquelle die Grauwertanteile ermittelt. Durch Division der Grauwertanteile durch die eingestellten Intensitäten  $x_i$  ergeben sich die Koeffizienten, die in der Bildauswerteeinheit **7** abgespeichert werden. 60 65

Damit sind bei beispielsweise sechs Lichtquellen **4** nach der Durchführung der Messung der Grauwertanteile zu den

sechs Lichtquellen jeweils fünf Koeffizienten ermittelt worden. Aus diesen dreißig ermittelten Koeffizienten läßt sich nun mit Hilfe einer linearen Optimierung die optimale Beleuchtung automatisch bestimmen.

Dafür werden zunächst Grenzwerte für die Grauwerte oder Differenzen daraus festgelegt. Die Differenz des maximalen Grauwertes  $N_{\max}$  der Nutzstrukturen und des Mittelwertes  $N$  der Grauwerte der Nutzstrukturen soll kleiner sein als ein vorgegebener erster Grenzwert GW1.

$$N_{\max} - N = (A_{n,\max} - A_n) \cdot X \leq \text{GW1} \quad (11)$$

Die Differenz des Mittelwertes  $N$  der Grauwerte und des minimalen Grauwertes  $N_{\min}$  der Nutzstrukturen soll kleiner sein als ein vorgegebener zweiter Grenzwert GW2.

$$N - N_{\min} = (A_n - A_{n,\min}) \cdot X \leq \text{GW2} \quad (12)$$

Die Differenz des maximalen Grauwertes  $S_{\max}$  und des Mittelwertes  $S$  der Grauwerte der Störstrukturen soll kleiner sein als ein vorgegebener dritter Grenzwert GW3.

$$S_{\max} - S = (A_{s,\max} - A_s) \cdot X \leq \text{GW3} \quad (13)$$

Der Mittelwert  $N$  der Grauwerte der Nutzstrukturen soll größer sein als ein vorgegebener vierter Grenzwert GW4.

$$N = A_N \cdot X \geq \text{GW4} \quad (14)$$

$$\text{oder } -A_N \cdot X \leq -\text{GW4} \quad (15)$$

Die Intensität soll größer sein als Null, was sich vektoriell nach Einführen eines Hilfsvektors  $\mathbf{1}$  mit Elementen, die die Einheit einer Intensität und den Wert 1 haben, schreiben läßt:

$$\mathbf{1} \cdot X \geq 0 \quad (16)$$

$$\text{oder } -\mathbf{1} \cdot X \leq 0 \quad (17)$$

Durch Einführen eines Vektors  $B$  und einer Matrix  $A$  lassen sich die Gleichungen (11), (12), (13), (15) und (17) zusammenfassen:

$$B = \begin{pmatrix} \text{GW1} \\ \text{GW2} \\ \text{GW3} \\ -\text{GW4} \\ 0 \end{pmatrix} \quad (18)$$

$$A = \begin{pmatrix} A_{n,\max} - A_n \\ A_n - A_{n,\min} \\ A_{s,\max} - A_s \\ -A_n \\ -1 \end{pmatrix} \quad (19)$$

$$A \cdot X \leq B \quad (20)$$

Anschließend wird überprüft, ob sich die Nutzstrukturen von den Störstrukturen unterscheiden lassen, was der Fall ist, wenn für mindestens eine Lichtquelle  $i$  eine große Differenz der Koeffizienten  $a_{n,i}$  und  $a_{s,i}$  der Mittelwerte der Grauwerte von Nutz- und Störstrukturen auftritt:

$$\text{positiver Kontrast: } a_{n,i} \gg a_{s,i} \quad (21)$$

$$\text{negativer Kontrast: } a_{n,i} \ll a_{s,i} \quad (22)$$

Die Optimierungsbedingung lautet dann, daß die Differenz aus den Mittelwerten  $N$  und  $S$  des Grauwertes der Nutz- und der Störstrukturen gleich einem Maximalwert  $\text{Max}$  werden soll:

$$N - S = \text{Max} \quad (23)$$

oder entsprechend (mit einem Minimalwert  $\text{Min}$ ):

$$-(N - S) = \text{Min} \quad (24)$$

was sich mit dem Zeilenvektor C

$$C = (\Lambda_n - \Lambda_s) \quad (25)$$

auch schreiben läßt:

$$-C \cdot X = \text{Min} \quad (26)$$

Wird keine Lichtquelle i gefunden, deren zugeordnete Koeffizienten der Mittelwerte der Grauwerte von Nutz- und

$$N - S = \text{Min} \quad (27)$$

oder mit Gl. (25):

$$C \cdot X = \text{Min} \quad (28)$$

Die optimale Beleuchtung wird dann für Nutz- und Störstrukturen etwa gleiche Grauwerte liefern, so daß die Lage des Bauelementes 3 anhand der äußeren Form des Bauelementes 3 gegenüber einem Hintergrund erkannt wird. Die Bedingung für den vorgegebenen vierten Grenzwert GW4 (Gleichung 14 und 15) bezieht sich in diesem Fall auf den Mittelwert S der Grauwerte der Störstrukturen.

$$S = A_S \cdot X \geq \text{GW4} \quad (29)$$

$$\text{oder } A_S \cdot X \leq \text{GW4} \quad (30)$$

Die Gl. (20) wird in diesem Fall entsprechend angepaßt.

Die Gl. (20) und (26), bzw. Gl. (20) und (28) werden mit Hilfe einer Linearen Optimierungsmethode, beispielsweise dem revidierten Simplex Algorithmus (siehe Bronstein, Semendjajew: Taschenbuch der Mathematik, 24. Aufl., Verlag Harv Deutsch, Thun und Frankfurt/Main S. 711 ff.) mit einem Programm in der Bildauswerteeinheit 7 gelöst und als Resultat ergeben sich die gewünschten Intensitäten  $x_i$  der einzelnen Lichtquellen i, die für die optimale Beleuchtung eingestellt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Intensitätseinstellung einer Beleuchtung einer Einrichtung zur Lageerkennung und/oder Qualitätskontrolle in Bestückautomaten für Bauelemente (3), wobei die Einrichtung eine Beleuchtungseinrichtung aus mindestens zwei Lichtquellen (4) mit zugeordneten, regelbaren Intensitätssteuereinrichtungen (5) sowie eine zugeordnete Kamera (6) mit nachgeschalteter Bildauswerteeinheit (7) umfaßt, welche zumindest bereichsweise eine in Bildpunkte (Pixel) gerasterte Abbildung des Bauelementes (3) in Form von Grauwerten aufnimmt, **dadurch gekennzeichnet,**

daß die Abbildung des Bauelementes (3) in Stör- und Nutzstrukturen des Bauelementes (3) aufgeteilt wird und die Zuordnung der Bildpunkte zu Stör- und Nutzstrukturen in der Bildauswerteeinheit (7) abgespeichert wird,

daß das Bauelement (3) in der Einrichtung zur Lageerkennung und/oder Qualitätskontrolle nacheinander durch jeweils eine der mindestens zwei Lichtquellen (4) mit variierender Intensität beleuchtet wird,

daß die Grauwerte der mit der Kamera (6) aufgenommenen Abbildung als Grauwertanteile in der Bildauswerteeinheit (7) gespeichert und den Stör- und Nutzstrukturen zugeordnet werden und damit die Abhängigkeit von Grauwertbereichen der Stör- und Nutzstrukturen von der Intensität ( $x_i$ ) der einzelnen Lichtquellen (4) ermittelt wird,

daß in der Bildauswerteeinheit (7) die gespeicherten Grauwertanteile aller Lichtquellen (4) geordnet nach Nutz- und Störstrukturen aufsummiert werden und die ermittelten Grauwertsummen der Stör- und Nutzstrukturen untereinander verglichen werden,

daß mit Hilfe einer linearen Optimierung die optimale Beleuchtung automatisch so bestimmt wird, daß für den Fall der Existenz mindestens einer Lichtquelle (4), die einen hinreichenden Abstand zwischen den Grauwertbereichen von Stör- und Nutzstrukturen ergibt, ein maximaler Abstand angestrebt wird und sonst ein minimaler Abstand.

2. Verfahren zur automatischen Intensitätseinstellung einer Beleuchtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gemessenen Grauwertanteile pixelweise oder über mehrere Pixel gemittelt der Beleuchtungseinheit (4) und der Intensität der Lichtquelle ( $x_i$ ) zugeordnet und in der Bildauswerteeinheit (7) gespeichert werden.

3. Verfahren zur automatischen Intensitätseinstellung einer Beleuchtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der Bildauswerteeinheit (7) zu jeder Lichtquelle (4) und jeder eingestellten Intensität ( $x_i$ ) der minimale Grauwertanteil der Nutzstrukturen ermittelt und durch Division durch die eingestellte Intensität ( $x_i$ ) ein Koeffizient ( $a_{n,\min,i}$ ) des minimalen Grauwertanteils der Nutzstrukturen ermittelt und abgespeichert wird, so daß ein minimaler Grauwert ( $N_{\min}$ ) der Nutzstrukturen durch eine Linearkombination dieser Koeffizienten ( $a_{n,\min,i}$ ) und der eingestellten Intensität ( $x_i$ ) aller Lichtquellen (4) ermittelbar ist.

4. Verfahren zur automatischen Intensitätseinstellung einer Beleuchtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Bildauswerteeinheit (7) zu jeder Lichtquelle (4) und jeder eingestellten Intensität ( $x_i$ ) der Mittelwert der Grauwertanteile der Nutzstrukturen ermittelt und durch Division durch die eingestellte Intensität ( $x_i$ ) ein Koeffizient ( $a_{n,i}$ ) des Mittelwertes der minimalen Grauwertanteile der Nutzstrukturen ermittelt und ab-

gespeichert wird, so daß ein Mittelwert der Grauwerte ( $N$ ) der Nutzstrukturen durch eine Linearkombination dieser Koeffizienten ( $a_{n,i}$ ) und der eingestellten Intensität ( $x_i$ ) aller Lichtquellen (4) ermittelbar ist.

5. Verfahren zur automatischen Intensitätseinstellung einer Beleuchtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in der Bildauswerteeinheit (7) zu jeder Lichtquelle (4) und jeder eingestellten Intensität ( $x_i$ ) der maximale Grauwertanteil der Nutzstrukturen ermittelt und durch Division durch die eingestellte Intensität ( $x_i$ ) ein Koeffizient ( $a_{n,max,i}$ ) des maximalen Grauwertanteils der Nutzstrukturen ermittelt und abgespeichert wird, so daß ein maximaler Grauwert ( $N_{max}$ ) der Nutzstrukturen durch eine Linearkombination dieser Koeffizienten ( $a_{n,max,i}$ ) und der eingestellten Intensität ( $x_i$ ) aller Lichtquellen (4) ermittelbar ist.

6. Verfahren zur automatischen Intensitätseinstellung einer Beleuchtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in der Bildauswerteeinheit (7) zu jeder Lichtquelle (4) und jeder eingestellten Intensität ( $x_i$ ) der maximale Grauwertanteil der Störstrukturen ermittelt und durch Division durch die eingestellte Intensität ( $x_i$ ) ein Koeffizient ( $a_{s,max,i}$ ) des maximalen Grauwertanteils der Störstrukturen ermittelt und abgespeichert wird, so daß ein maximaler Grauwert ( $S_{max}$ ) der Störstrukturen durch eine Linearkombination dieser Koeffizienten ( $a_{s,max,i}$ ) und der eingestellten Intensität ( $x_i$ ) aller Lichtquellen (4) ermittelbar ist.

7. Verfahren zur automatischen Intensitätseinstellung einer Beleuchtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß in der Bildauswerteeinheit (7) zu jeder Lichtquelle (4) und jeder eingestellten Intensität ( $x_i$ ) der Mittelwert der Grauwertanteile der Störstrukturen ermittelt und durch Division durch die eingestellte Intensität ( $x_i$ ) ein Koeffizient ( $a_{s,i}$ ) des Mittelwertes der maximalen Grauwertanteile der Störstrukturen ermittelt und abgespeichert wird, so daß ein Mittelwert der Grauwerte ( $S$ ) der Störstrukturen durch eine Linearkombination dieser Koeffizienten ( $a_{s,i}$ ) und der eingestellten Intensität ( $x_i$ ) aller Lichtquellen (4) ermittelbar ist.

8. Verfahren zur automatischen Intensitätseinstellung einer Beleuchtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,

daß die Koeffizienten ( $a_{n,i}$ ,  $a_{s,i}$ ) der Mittelwerte der Grauwertanteile der Nutz- und der Störstrukturen bezüglich einzelner Lichtquellen (4) miteinander verglichen werden,

daß, falls eine Lichtquelle (4) existiert, deren zugeordnete Koeffizienten ( $a_{n,i}$ ,  $a_{s,i}$ ) der Mittelwerte der Grauwerte von Nutz- und Störstrukturen sich stark unterscheiden, als Optimierungsbedingung eine möglichst große Differenz der Mittelwerte ( $N - S$ ) der Grauwerte von Nutz- und Störstrukturen gewählt wird,

und ansonsten als Optimierungsbedingung eine möglichst kleine die Differenz der Mittelwerte ( $N - S$ ) der Grauwerte von Nutz- und Störstrukturen gewählt wird.

9. Verfahren zur automatischen Intensitätseinstellung einer Beleuchtung nach einem der Ansprüche 8, dadurch gekennzeichnet, daß Grenzwerte (GW1, GW2, GW3, GW4) für die Grauwerte oder für Differenzen oder Quotienten von Grauwerten vorgegeben werden.

10. Verfahren zur automatischen Intensitätseinstellung einer Beleuchtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß mit den Grenzwerten mindestens eine der Grenzbedingungen für die Differenz aus dem maximalen Grauwert und dem Mittelwert der Grauwerte der Nutzstrukturen ( $N_{max} - N \leq GW1$ ), für die Differenz aus dem Mittelwert der Grauwerte und dem minimalen Grauwert der Nutzstrukturen ( $N - N_{min} \leq GW2$ ), für die Differenz aus dem maximalen Grauwert und dem Mittelwert der Grauwerte der Störstrukturen ( $S_{max} - S < GW3$ ), für den Mittelwert der Grauwerte der Nutzstrukturen ( $N \geq GW4$ ) und für die Intensitäten ( $x_i$ ) vorgegeben wird.

11. Verfahren zur automatischen Intensitätseinstellung einer Beleuchtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Grenzbedingungen und der Optimierungsbedingung ein lineares Ungleichungssystem gebildet wird, und daß das lineare Ungleichungssystem mit Hilfe einer Linearen Optimierung in der Bildauswerteeinheit (7) gelöst wird.

12. Verfahren zur automatischen Intensitätseinstellung einer Beleuchtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Verfahren für die Lineare Optimierung der revidierte Simplex Algorithmus verwendet wird.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

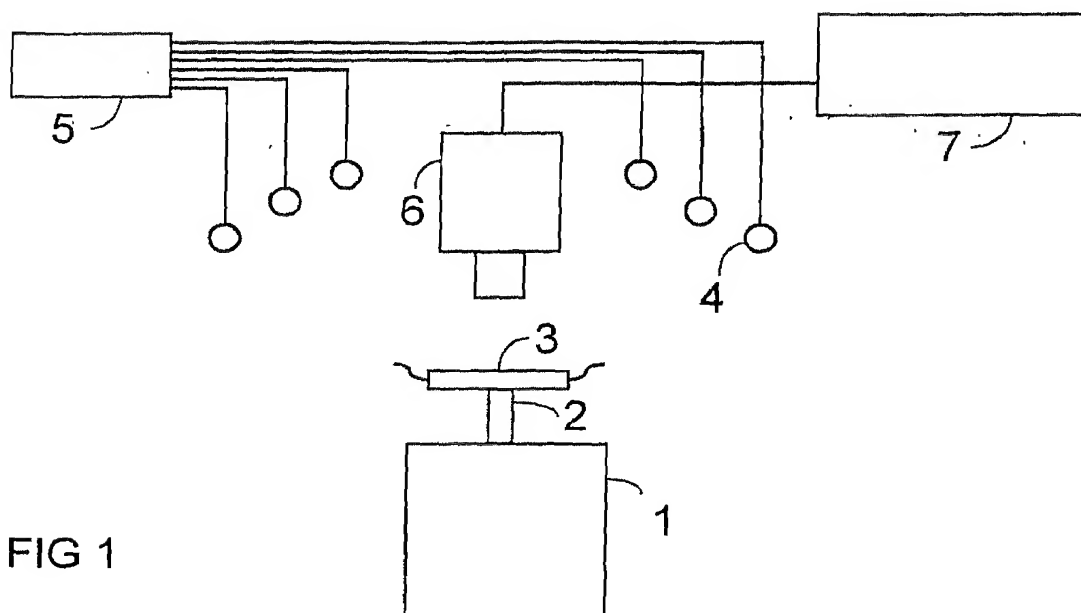


FIG 1